

УДК 551.588.6:581.132(470.22)

В.А. Усольцев, А.Т. Мезенцев,  
В.В. Крудышев, И.С. Лазарев,  
Н.В. Сенчило, В.В. Терентьев  
(V.A. Usoltsev, A.T. Mezentsev,  
V.V. Krudyshev, I.S. Lazarev,  
N.V. Senchilo, V.V. Terentiev)  
УГЛТУ, Екатеринбург  
(USFEU, Ekaterinburg);  
Г.Г. Терехов  
(G.G. Terekhov)

Ботанический сад УрО РАН, Екатеринбург  
(Botanical Garden UB RAS, Ekaterinburg)

**МЕЖВИДОВЫЕ РАЗЛИЧИЯ ФИТОМАССЫ КЕДРОВ  
СИБИРСКОГО И КОРЕЙСКОГО В ЕВРАЗИИ**  
(BIOMASS INTERSPECIES DIFFERENCES BETWEEN  
PINUS SIBIRICA AND P. KORAIENSIS IN EURASIA)

*Проанализированы межвидовые различия фитомассы кедров сибирского и корейского в Евразии.*

*Biomass interspecies differences between Pinus sibirica and P. koraiensis in Eurasia are analysed.*

Кедры сибирский (*Pinus sibirica* Du Tour) и корейский (*P. koraiensis* S. et Z.) входят в состав рода *Pinus* L. как пятихвойные подроды секции *Cembra* Spach. Наши исследования фитомассы выполнены в спелых темнохвойных естественных древостоях с преобладанием кедра сибирского в подзоне средней тайги Урала в Верхотурском лесничестве, где заложено 13 пробных площадей по методике В.А. Усольцева [1]. С целью выявления межвидовых различий фитомассы кедров сибирского и корейского нами сформирована база данных, в которую вошли еще 98 и 47 пробных площадей кедров сибирского (Урал, Западная Сибирь, Средняя Сибирь, Алтай и Забайкалье) и корейского (Дальний Восток, Северо-Восточный Китай и Южная Корея), соответственно.

Поскольку фитомасса древостоя определяется его морфоструктурой, а различия морфоструктуры в пределах одного вида могут превышать таковые между видами, непосредственное сравнение фитомассы древостоев кедров сибирского и корейского ничего не даст, поскольку выявленные различия могут быть обусловлены не столько биологическими особенностями пород, сколько локальными различиями в морфоструктуре.

Поэтому выявление биологически обусловленных различий в фитомассе двух видов кедра необходимо выполнять при одних и тех же

показателях морфоструктуры, т.е. при одинаковых значениях возраста, средних высот и диаметров, густоты и запаса стволовой древесины. Для этого применено многофакторное уравнение, включающее в качестве независимых переменных названную совокупность показателей морфоструктуры, а видовые различия опосредуются бинарной переменной  $X$  [2]:

$$\ln (P_i/M) = f(\ln A, \ln H, \ln D, \ln N, X), \quad (1)$$

где  $P_i$  – фитомасса в абсолютно сухом состоянии стволов с корой, коры стволов, скелета ветвей, хвои и корней ( $P_S$ ,  $P_{SB}$ ,  $P_B$ ,  $P_F$  и  $P_R$ , соответственно), т/га;  $M$  – запас стволовой древесины, м<sup>3</sup>/га;  $A$  – возраст древостоя, лет;  $H$  – средняя высота деревьев, м;  $D$  – средний диаметр, см,  $N$  – число стволов, тыс. экз/га. Бинарная переменная  $X = 0$  для кедров сибирского и  $X=1$  – для кедров корейского.

Применен рекурсивный принцип, согласно которому уравнение (1) совмещается с возрастными трендами массообразующих показателей и запасов стволовой древесины:

$$\begin{aligned} \ln H &= f(\ln A, X) \rightarrow \ln D = f(\ln A, \ln H, X) \rightarrow \\ \ln N &= f(\ln A, \ln H, \ln D, X) \rightarrow \ln M = f(\ln H, \ln D, \ln N, X). \end{aligned} \quad (2)$$

Это обеспечивает последовательное накопление региональных различий в возрастной динамике массообразующих показателей и запасов стволовой древесины по цепочке взаимозависимых уравнений. Путем табулирования уравнений (2) и затем (1) составлена таблица возрастной динамики морфометрических показателей и фитомассы кедров сибирского и корейского (таблица). Оказалось, что по совокупности пробных площадей древостои кедров сибирского и корейского относятся к разным классам бонитета – IV и V, соответственно, со средней высотой в 100-летнем возрасте 16, 5 и 14,9, соответственно. Средняя высота кедров сибирского по отношению к корейскому выше на 11 %, средняя густота, напротив, ниже на 13 % и запас стволовой древесины выше на 33 %. Фитомасса стволов в коре выше на 11 %, хвои и ветвей – напротив, ниже на 16 и 55 %, соответственно. В итоге суммарная надземная фитомасса различается на 4 %, а общая (надземная и подземная) – всего на 2 %. Эти различия находятся в пределах точности оценки.

Таким образом, фитомасса стволов кедров сибирского при прочих равных условиях выше, чем корейского, а масса кроны, напротив, ниже. В целом же, как по надземной, так и по общей фитомассе на единице площади древостоев различия кедров сибирского и корейского практически отсутствуют.

Таблица возрастной динамики фитомассы кедров сибирского и корейского

Возраст, лет	Средняя высота, м	Средний диаметр, см	Густота, тыс. экз/га	Запас стволов м³/га	Фитомасса, т/га						
					стволов		хвои	ветвей	надземная	корней	всего
					всего	коры					
Кедр сибирский											
20	2,8	3,8	1,137	3,7	1,2	0,6	1,01	0,68	2,9	0,6	3,5
40	7,0	8,8	0,981	29	10,4	2,4	3,18	3,51	17,1	3,7	20,7
60	10,7	13,7	0,879	76	28,5	5,0	4,46	6,00	38,9	8,7	47,6
100	16,5	22,0	0,722	193	74,8	10,7	5,23	8,57	88,6	19,9	108,4
140	20,4	28,6	0,628	302	118,9	15,6	5,29	9,80	134,0	29,5	163,5
180	23,1	33,6	0,573	393	155,7	19,4	5,27	10,73	171,7	37,2	208,9
220	24,9	37,5	0,543	465	185,6	22,5	5,30	11,69	202,6	43,2	245,8
260	26,2	40,5	0,527	524	209,9	25,0	5,39	12,77	228,0	48,0	276,1
320	27,3	43,7	0,523	593	238,3	27,8	5,64	14,70	258,6	53,8	312,4
380	27,9	45,9	0,533	644	259,8	30,1	6,00	17,05	282,9	58,2	341,0
Кедр корейский											
20	2,5	3,7	1,407	3,01	1,18	0,5	1,17	1,40	3,8	0,57	4,3
40	6,3	8,4	1,142	22,2	9,53	1,9	3,65	7,38	20,6	3,41	24,0
60	9,7	13,0	1,009	57,6	25,74	3,8	5,17	12,88	43,8	7,99	51,8
100	14,9	20,8	0,826	144,9	67,17	8,0	6,20	19,06	92,4	18,25	110,7
140	18,4	27,0	0,721	226,8	106,90	11,7	6,38	22,29	135,6	27,20	162,8
180	20,8	31,7	0,661	295,1	140,37	14,6	6,44	24,80	171,6	34,38	206,0
220	22,5	35,3	0,629	350,6	167,73	16,9	6,53	27,32	201,6	40,09	241,7
260	23,7	38,1	0,613	395,7	190,07	18,8	6,69	30,10	226,9	44,71	271,6
320	24,7	41,1	0,610	448,8	216,45	21,0	7,04	34,95	258,4	50,17	308,6
380	25,2	43,1	0,624	489,1	236,63	22,7	7,53	40,75	284,9	54,40	339,3

*Библиографический список*

1. Усольцев В.А. Формирование банков данных о фитомассе лесов. Екатеринбург: УрО РАН, 1998. 541 с.
2. Четыркин Е.М. Статистические методы прогнозирования. М.: Статистика, 1977. 200 с.

УДК 339.18

Ю.Л. Юрьев, Р.Н. Ковалев, Л.Г. Старцева  
(Y.L. Yuriev, R.N. Kovalev, L.G. Startseva)  
УГЛТУ, Екатеринбург  
(USFEU, Ekaterinburg)

**ТЕХНОЛОГИЯ И ЛОГИСТИКА БИОТОПЛИВА  
(TECHNOLOGY AND LOGISTIC OF BIOFUELS)**

*Рассмотрены проблемы технологии и логистики биотоплива на примере древесного угля и древесноугольных брикетов.*

*The problems of technology and logistics of biofuels on the example of charcoal and charcoal briquette.*

Биотопливо второго поколения – топливо, полученное из непищевого растительного сырья. В последние годы работы в этом направлении в мире резко усилились, главным образом из-за ухудшения экологической ситуации и повышения цен на углеводородное сырье.

Одним из видов твердого биотоплива второго поколения является древесный уголь (ДУ). Это давно известное экологически безопасное бытовое топливо. Мировое производство ДУ оценивается примерно в 40 млн т.

На сегодняшний день созданы (в том числе с участием УГЛТУ) экологически безопасные технологии производства ДУ, но существуют несколько проблем:

- проблема утилизации отходов, таких как древесноугольная пыль и мелкая фракция угля (менее 12 мм);

- низкая плотность ДУ, которая является причиной низкой удельной теплотворной способности угля на единицу объема и высоких транспортных затрат на единицу угля. Хотя теплотворная способность единицы веса брикетов и угля почти одинакова (около 7000 кал/кг), теплотворная способность единицы объема брикетов в 2...4 раза больше, чем у исходного угля;